

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 10 月 21 日 (21.10.2004)

PCT

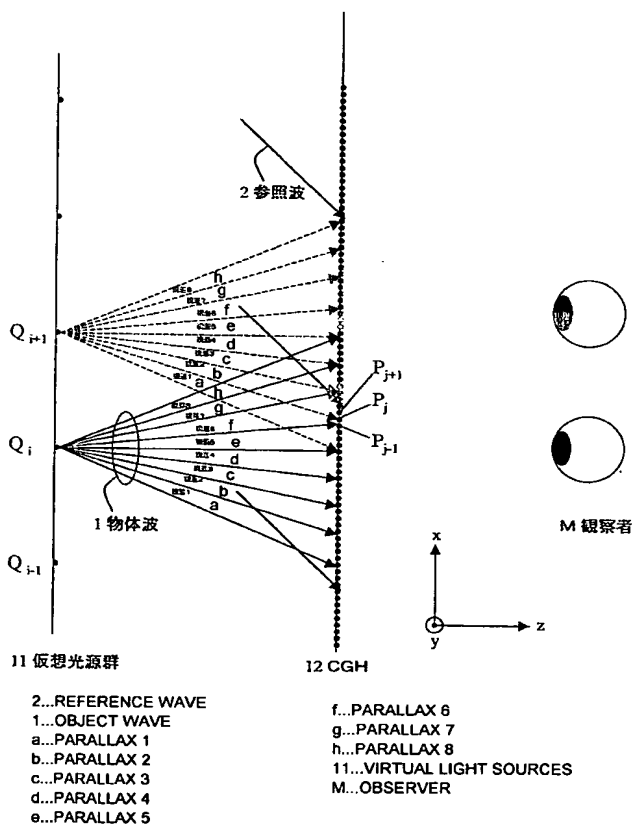
(10) 国際公開番号
WO 2004/090647 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G03H 1/08
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/004830
- (22) 国際出願日: 2004 年 4 月 2 日 (02.04.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-101736 2003 年 4 月 4 日 (04.04.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 大日本印刷株式会社 (DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1628001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 北村 満 (KITA-MURA, Mitsuru) [JP/JP]; 〒1628001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号 大日本印刷株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 荏澤 弘, 外 (NIRASAWA, Hiroshi et al.); 〒1100005 東京都台東区上野 3 丁目 1 6 番 3 号 上野鈴木ビル 7 階 特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,

[続葉有]

(54) Title: COMPUTER-GENERATED HOLOGRAM

(54) 発明の名称: 計算機合成ホログラム



(57) Abstract: A very high resolution computer-generated hologram from which images can be selectively reproduced in accordance with the observation direction so as to provide a computer-generated stereogram with a large number of parallaxes. Virtual point light sources (11) are arranged on the opposite side to the observer side with respect to the hologram (12). The luminance angle distribution $A_{WLi}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ of divergent light from each (Q_i) of the virtual point light sources toward the observer side is angle-divided. In each division angle, the divergent light, as an object light (1), from the point of amplitude equivalent to the density of the pixel at the position of the virtual light source of the image corresponding to the division angle, out of the individual images disposed on the plane of the virtual light sources (11), is recorded at a position on the observation side of the virtual light sources, thereby creating a computer-generated hologram.

(57) 要約: 本発明は、非常に解像度が高く、視差数の多い計算機合成ホログラフィックステレオグラムを提供するための、観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムであり、ホログラム (12) の観察側と反対側に空間的に仮想点光源群 (11) が設定され、仮想点光源群の各々の仮想点光源 (Q_i) から観察側へ発散する発散光の輝度角度分布 $A_{WLi}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ が角度分割されて、それぞれの分割角度内では仮想点光源群 (11) の面に位置する別々の画像の内、それぞれの

分割角度に対応した画像のその仮想点光源位置での画素の濃度に等しい振幅の点から発散する発散光に等しいものに設定されてなる発散光が物体光 (1) として仮想点光源群の観察側の何れかの位置で記録されてなる計算機合成ホログラムである。



LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

計算機合成ホログラム

技 術 分 野

本発明は、計算機合成ホログラムに関し、特に、解像度が高く視差数の多い計算機合成ホログラフィックステレオグラムに関するものである。

背 景 技 術

観察方向により複数の画像を切り替えて観察者に観察させることのできる媒体としてステレオグラムがある。現在広く用いられているのは、印刷媒体上にレンチキュラレンズや蟻の目レンズ等のレンズアレイを配置したステレオグラムである。

このようなステレオグラムを用いると、観察方向を変化させることにより全く異なった複数の画像を切り替えて観察者に観察させることができる。また、ステレオグラムを用いると、観察方向を変化させることにより、ある立体物を観察方向に対応した方向から観察した画像を観察者に観察させることができ、この場合、観察者は、立体物を立体感を持って観察できる。さらに、ステレオグラムを用いると、観察方向を変化させることにより徐々に変化する複数の画像を観察者に観察させることができ、この場合、観察者は、変化する複数の画像を一連のアニメーションとして観察することができる。以上に説明した複数画像の切り替え表示、立体感のある画像表示、アニメーション効果を持った画像表示は同時に組み合わせることで実現することができる。

ステレオグラム以外に、特許文献1に画面を画素群から構成し、各画素を複数の領域に分割し、各領域に異なる回折格子を割り当て、異なる方向から見たとき

にその方向に回折光を出す回折格子領域の集合により異なる画像が観察できるようにしたものが提案されている。

〔特許文献1〕

特許第2795698号公報

〔特許文献2〕

特開2002-72837号公報

〔非特許文献1〕

辻内順平著「物理学選書22. ホログラフィー」p p. 33～36（（株）裳華房発行（1997年11月5日））

上記のレンチキュラレンズや蠅の目レンズ等のレンズアレイを伴った印刷物からなるステレオグラムは、レンズアレイという物理的な画素構造を必要とするため、解像度が低く、製品が厚くなるという短所がある。また、細かな印刷が必要であり、有限の領域が必要であるので、解像度の向上と視差数の増加を両立できない。

また、特許文献1で提案されているものは、有限の大きさの画素を視差方向毎に区切って回折格子を割り当てて使うため、同様に有限の領域が必要であり、解像度の向上と視差数の増加を両立できない。

本発明は上記した従来技術の短所を解決するためになされたものであり、その目的は、非常に解像度が高く、視差数の多い計算機合成ホログラフィックステレオグラムを提供することである。

発 明 の 開 示

本発明は上記した従来技術の短所を解決するためになされたものであり、その目的は、非常に解像度が高く、視差数の多い計算機合成ホログラフィックステレオグラムを提供することである。

上記目的を達成する本発明の第1の計算機合成ホログラムは、物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

ホログラムの観察側と反対側に空間的に仮想点光源群が設定され、前記仮想点光源群の各々の仮想点光源から観察側へ発散する発散光の輝度角度分布 A_{wLc1} (θ_{xz}, θ_{yz}) が角度分割されて、それぞれの分割角度内では前記仮想点光源群の面に位置する別々の画像の内、前記それぞれの分割角度に対応した画像のその仮想点光源位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点から発散する発散光に等しいものに設定されてなる発散光が物体光として前記仮想点光源群の観察側の何れかの位置で記録されてなることを特徴とするものである。

この場合、仮想点光源群の仮想点光源各々が光の広がる方向が1次元的な点光源であってその広がる方向と直交する方向に伸びる直線状光源からなっているもよい。

本発明の第2の計算機合成ホログラムは、物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

所定の再生照明光を入射させたとき、ホログラムの観察側と反対側の空間的な仮想点群の各々の点からその観察側に発散するような回折光であって、各仮想点からホログラムの観察側に発散するように進む光の輝度角度分布が回折角度方向に応じて角度分割されており、それぞれの分割角度内では前記仮想点群の面に位置する別々の記録画像の内、前記それぞれの分割角度に対応した記録画像のその仮想点位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点から発散する発散光に等しい回折光を再生することを特徴とするものである。

この場合、仮想点群の仮想点各々が光の広がる方向が1次元的な点であってその広がる方向と直交する方向に伸びる直線からなっているもよい。

本発明の第3の計算機合成ホログラムは、物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

ホログラムの観察側に空間的に仮想集光点群が設定され、前記仮想集光点群の各々の仮想集光点に観察側と反対側から入射する収束光の輝度角度分布 T_{wLc1} (θ_{xz}, θ_{yz}) が角度分割されて、それぞれの分割角度内では前記仮想集光点群の

面に位置する別々の画像の内、前記それぞれの分割角度に対応した画像のその仮想集光点位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点に収束する収束光に等しいものに設定されてなる収束光が物体光として前記仮想集光点群の観察側と反対側の何れかの位置で記録されてなることを特徴とするものである。

この場合、仮想集光点群の仮想集光点各々が光の広がる方向が1次元的な集光点であってその広がる方向と直交する方向に伸びる直線状集光線からなっているもよい。

本発明の第4の計算機合成ホログラムは、物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

所定の再生照明光を入射させたとき、ホログラムの観察側の空間的な仮想点群の各々の点を通してその観察側で発散するような回折光であって、各仮想点へ収束するように進む光の輝度角度分布が回折角度方向に応じて角度分割されており、それぞれの分割角度内では前記仮想点群の面に位置する別々の記録画像の内、前記それぞれの分割角度に対応した記録画像のその仮想点位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点へ収束する収束光に等しい回折光を再生することを特徴とするものである。

この場合、仮想点群の仮想点各々が光の広がる方向が1次元的な点であってその広がる方向と直交する方向に伸びる直線からなっているもよい。

本発明においては、異なる複数の画像を再生する面であって、ホログラム面から離れた面に、放射方向に応じて異なった画像のその方向の輝度を持った仮想点光源あるいは集光方向に応じて異なった画像のその方向の輝度に等しい輝度を持った仮想集光点を多数定義し、それらの仮想点光源から放射する光あるいはそれらの仮想集光点に集光する光を仮想的な物体光として計算機合成ホログラムを作成するようにしたので、高解像度で多数の画像を記録再生できるホログラム撮影の不要な計算機合成ホログラムが得られる。本発明により、例えば、解像度が高く視差数の多い計算機合成ホログラフィックステレオグラムが可能になる。

図面の簡単な説明

図1は本発明の計算機合成ホログラムの原理を説明するための図である。

図2は図1による計算機合成ホログラムから観察者がそれぞれの視差方向に応じて選択的に異なる画像を観察することができる様子を説明するための図である。

。

図3は図1による計算機合成ホログラムの作成方法を説明するための図である。

。

図4は本発明の別の形態の計算機合成ホログラムを説明するための図である。

図5は図4による計算機合成ホログラムから観察者がそれぞれの視差方向に応じて選択的に異なる画像を観察することができる様子を説明するための図である。

。

図6は図4による計算機合成ホログラムの作成方法を説明するための図である。

。

発明を実施するための最良の形態

本発明の計算機合成ホログラムの基本原理は、視差画像等の複数の画像を再生する面であって、ホログラム面から離れた面に、放射方向に応じて異なった画像のその方向の輝度を持った仮想点光源あるいは集光方向に応じて異なった画像のその方向の輝度に等しい輝度を持った仮想集光点を多数定義し、それらの仮想点光源から放射する光あるいはそれらの仮想集光点に集光する光を仮想的な物体光として計算機合成ホログラムを作成することで、高解像度で、例えば視差数の多い画像を記録でき、かつ、ホログラム撮影の不要な計算機合成ホログラム（CGH）を作成するものである。

以下、本発明の計算機合成ホログラムの原理を説明する。

図1に原理説明図に示すように、 z 軸に沿ってプラス方向に仮想点光源群11、CGH12、観察者Mの順に配置し、CGH12の中心を座標原点とし、 x 軸、 y 軸を相互に直交し、 z 軸に直交する方向に定める。仮想点光源群11の座標を (x_1, y_1, z_1) 、CGH12の座標を (x_2, y_2, z_2) とし、 i 番

目の仮想点光源を $Q_1 (x_1, y_1, z_1)$ とし、CGH12のj番目のセルを $P_j (x_2, y_2, z_2)$ とする。観測者Mの視点が直線 $Q_1 P_j$ の延長線上にあるとし、観測者Mの視点から観察可能な仮想点光源 $Q_1 (x_1, y_1, z_1)$ での θ_{xz} 、 θ_{yz} 方向の波長 λ_c での輝度を $A_{wLc1}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ とする。ここで、 θ_{xz} は直線 $Q_1 P_j$ をx-z面へ投影したときのz軸とのなす角度、 θ_{yz} は直線 $Q_1 P_j$ をy-z面へ投影したときのz軸とのなす角度である。

仮想点光源 Q_1 の初期位相を ϕ_{wLc1} 、 r_{1j} を Q_1 と P_j の距離とすると、 $P_j (x_2, y_2, z_2)$ での物体波1の複素振幅値 $O_{wLc} (x_2, y_2, z_2)$ は、

$$O_{wLc} (x_2, y_2, z_2) = \sum_{i=1}^N \{ A_{wLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz}) / |r_{1i}| \} \\ \times \exp [j \{ (2\pi/\lambda_c) r_{1i} + \phi_{wLci} \}] \quad \dots (1)$$

となる。ここで、Nは Q_1 の個数。

ここで、仮想点光源 $Q_1 (x_1, y_1, z_1)$ からの輝度 $A_{wLc1}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ を θ_{xz} 、 θ_{yz} に関して角度分割して、それぞれの分割角度内では別々の画像の内、それぞれの分割角度に対応した画像のその仮想点光源 $Q_1 (x_1, y_1, z_1)$ の位置での画素の濃度を割り当てる。例えば、 θ_{xz} を $-\pi/2 \sim \pi/2$ の角度範囲で $\theta_{xz0} \sim \theta_{xz1} \sim \theta_{xz2} \sim \dots \sim \theta_{xzm}$ 、 θ_{yz} を $-\pi/2 \sim \pi/2$ の角度範囲で $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1} \sim \theta_{yz2} \sim \dots \sim \theta_{yzn}$ に例えば等角度間隔に角度分割し、 $\theta_{xz0} \sim \theta_{xz1}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲には画像 I_{11} の仮想点光源 Q_1 の位置での濃度 I_{111} を、 $\theta_{xz1} \sim \theta_{xz2}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲には画像 I_{21} の仮想点光源 Q_1 の位置での濃度 I_{211} を、 \dots 、 $\theta_{xzm-1} \sim \theta_{xzm}$ 、 $\theta_{yzn-1} \sim \theta_{yzn}$ の範囲には画像 I_{mn} の仮想点光源 Q_1 の位置での濃度 I_{mni} を割り当てる。

すなわち、分かりやすく言えば、図1において、仮想点光源 $Q_1 (x_1, y_1, z_1)$ から視差1方向に出る物体波1には、第1の画像 I_1 例えば文字“A”

の画素位置 i での濃度を振幅として持った波とし、視差 2 方向に出る物体波 1 には、第 2 の画像 I_2 例えば文字 “B” の画素位置 i での濃度を振幅として持った波とし、同様に、視差 8 方向に出る物体波 1 には、第 8 の画像 I_8 例えば文字 “H” の画素位置 i での濃度を振幅として持った波とし、これらの “A”、“B”、・・・、“H” の画素位置 i での濃度を視差方向に応じて同時に持った物体波 1 を合成する。その物体波 1 が式 (1) で表される。

ここで、濃度とは、デジタル画像で一般に用いられているような、明度が大きい程大きな値となるような値を考えている（黒と白では白の方が濃度が大きいと考える。）。

ここで、CGH 12 に入射する平行光からなる参照光 2 の入射ベクトルを (R_x, R_y, R_z) 、その波長 λ_c の振幅を R_{WLc0} 、その座標原点での位相を ϕ_{RWLc} とすると、参照光 2 の複素振幅値 $R_{WLc}(x_2, y_2, z_2)$ は、

$$\begin{aligned} R_{WLc}(x_2, y_2, z_2) = & R_{WLc0} \cdot \exp \left[j \left\{ (2\pi/\lambda_c) \right. \right. \\ & \times (R_x x_2 + R_y y_2 + R_z z_2) / (R_x^2 + R_y^2 + R_z^2)^{1/2} \\ & \left. \left. + \phi_{RWLc} \right\} \right] \\ & \dots (2) \end{aligned}$$

となる。

$P_j(x_2, y_2, z_2)$ での物体波 1 と参照光 2 とによる干渉縞の強度値 $I_{WLc}(x_2, y_2, z_2)$ は、

$$\begin{aligned} I_{WLc}(x_2, y_2, z_2) \\ = |O_{WLc}(x_2, y_2, z_2) + R_{WLc}(x_2, y_2, z_2)|^2 \\ \dots (3) \end{aligned}$$

となる。

以上において、 Q_1 と P_j の距離 r_{1j} は、

$$\begin{aligned} r_{1j} = & \{ (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 \}^{1/2} \\ & \dots (4) \end{aligned}$$

直線 $Q_1 P_j$ を $x-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度 θ_{xz} は、

$$\theta_{xz} = \tan^{-1} \{ (x_2 - x_1) / (z_2 - z_1) \} \quad \dots (5)$$

直線 $Q_1 P_1$ を $y-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度 θ_{yz} は、

$$\theta_{yz} = \tan^{-1} \{ (y_2 - y_1) / (z_2 - z_1) \} \quad \dots (6)$$

であり、また、仮想点光源 Q_1 の初期位相 ϕ_{wlc1} は仮想点光源 Q_1 間で相互に無関係に一定に設定される。

以上の説明から明らかなように、CGH12として同一面に記録再生可能にする複数の画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} の面に多数の仮想点光源 Q_1 (x_1 , y_1 , z_1)を設定し、各仮想点光源 Q_1 から発散する発散光の輝度角度分布 $A_{wlc1}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ を、放射角度方向に応じて角度分割し、異なる分割角度内では異なる画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} のその仮想点光源 Q_1 位置での濃度 I_{111} 、 I_{211} 、 \dots 、 I_{mn1} に等しい輝度に設定し、かつ、仮想点光源 Q_1 の初期位相 ϕ_{wlc1} は仮想点光源 Q_1 間で相互に無関係に一定に設定して、このような仮想点光源 Q_1 からの発散光の位相と振幅をホログラフィックに記録(参照光2との干渉記録)することにより、観察方向に応じて異なる画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} が再生可能な本発明のCGH12が得られる。

このようにして記録したCGH12に、図2に示すように、参照光2と同じ波長 λ の再生照明光15を参照光2と同じ入射角で入射させると、CGH12から回折される回折光16によって画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} が虚像として仮想点光源群11の面に重なって再生される。ただし、各画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} に関する回折光16は、回折角度方向に応じて角度分割されており、仮想点光源群11の面の仮想点光源 Q_1 (x_1 , y_1 , z_1)の位置からは、 $\theta_{xz0} \sim \theta_{xz1}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲では画像 I_{11} を再生する回折光16が、 $\theta_{xz1} \sim \theta_{xz2}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲では画像 I_{21} を再生する回折光16が、 \dots 、 $\theta_{xzm-1} \sim \theta_{xzm}$ 、 $\theta_{yzn-1} \sim \theta_{yzn}$ の範囲では画像 I_{mn} を再生する回折光16が回折される。

図2を参照にして分かりやすく言えば、仮想点光源 Q_1 (x_1 , y_1 , z_1)から視差1方向に出る回折光16によって、第1の画像 I_1 例えば文字“A”のその仮想点光源 Q_1 (x_1 , y_1 , z_1)位置の画素の濃度を振幅として持った波となり、視差2方向に出る回折光16によって、第2の画像 I_2 例えば文字“

B”のその仮想点光源 $Q_1(x_1, y_1, z_1)$ 位置の画素の濃度を振幅として持った波となり、同様に、視差8方向に出る物体波1には、第8の画像 I_8 。例えば文字“H”のその仮想点光源 $Q_1(x_1, y_1, z_1)$ 位置の画素の濃度を振幅として持った波となり、観察者Mがそれぞれの視差方向を見ることにより仮想点光源群11の面での全ての画素の集合として、これらの画像“A”、“B”、・・・、“H”を視差方向に応じて選択的に観察することができる。また、観察者には視点を移動させることによりこれらの画像“A”、“B”、・・・、“H”が切り替わって見える。

次に、このようなCGH12をバイナリホログラムとして作成する方法を図3に基づいて説明する。ステップST1で、CGH化する複数の画像 I_{11} 、 I_{21} 、・・・、 I_{mn} の形状が定義される。次いで、ステップST2で、仮想点光源群11、CGH12、参照光2の空間配置と、仮想点光源群11のサンプリング点(Q_1)とCGH12のサンプリング点(P_j)が定義される。次いで、ステップST3で、各仮想点光源毎に輝度角度分布 $A_{wlc1}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ を、放射角度方向に応じて角度分割し、異なる分割角度内では異なる画像 I_{11} 、 I_{21} 、・・・、 I_{mn} のその仮想点光源 Q_1 位置での濃度 I_{111} 、 I_{211} 、・・・、 I_{mn1} に等しい輝度として求める。そして、ステップST4で、式(1)と(2)により、CGH12の面での物体光の複素振幅値 $O_{wlc}(x_2, y_2, z_2)$ と、参照光2の複素振幅値 $R_{wlc}(x_2, y_2, z_2)$ を計算する。その後、ステップST5で、式(3)により、CGH12の面上に定義された各サンプル点において、物体光と参照光との干渉縞の強度が求められ、干渉縞データが得られる。次に、ステップST6で、得られた干渉縞データは量子化された後、ステップST7で、EB描画用矩形データに変換され、ステップST8で、EB描画装置により媒体に記録され、CGH12が得られる。

なお、図1の場合は、仮想点光源 Q_1 からの物体波がx方向、y方向のCGH12の全てのセル P_j に入射するようになっているが、y軸に垂直な多数のスライス面で仮想点光源群11とCGH12を区切り、そのスライス面内に物体波の入射範囲を制限するようにしてもよい。

また、図1では仮想点光源として2次元面内の点光源を用いているが、y方向に延びy方向には光の広がらない線光源を用いるようにしてもよい。

さらに、図1の場合は、物体光（物体波）1の複素振幅値 $O_{wlc}(x_2, y_2, z_2)$ をホログラムとして固定するのに、参照光2との干渉による方式を用いているが、物体波の複素振幅を直接再生するLohmannの方法やLeeの方法（非特許文献1）によってもよく、また、本発明者が特許文献2で提案した方法によってもよい。また、図1の説明では、各仮想点光源 Q_i から発散する発散光の輝度角度分布 $A_{wlc,i}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ に対応させる画像の値としては、仮想点光源 Q_i 位置での画素の濃度としたが、これに限らず、その画素の濃度と一定の関係にある値、例えば、濃度を X として、 \sqrt{X} 、 $X^{1/a}$ （ a :定数）等を用いてもよい。

図4に、本発明の計算機合成ホログラムの別の形態の説明図を示す。この形態は、図1の仮想点光源群11とCGH12とを入れ換えて、仮想点光源群11を仮想集光点群13で置き換えたものである。図4に示すように、z軸に沿ってプラス方向にCGH12、仮想集光点群13、観測者Mの順に配置し、CGH12の中心を座標原点とし、x軸、y軸を相互に直交し、z軸に直交する方向に定める。仮想集光点群13の座標を (x_1, y_1, z_1) 、CGH12の座標を (x_2, y_2, z_2) とし、i番目の仮想集光点を $Q_i(x_1, y_1, z_1)$ （仮想点光源と同じ記号を用いる。）とし、CGH12のj番目のセルを $P_j(x_2, y_2, z_2)$ とする。観測者Mの視点が直線 $Q_i P_j$ の延長線上にあるとし、観測者Mの視点から観察可能な仮想集光点 $Q_i(x_1, y_1, z_1)$ での θ_{xz} 、 θ_{yz} 方向の波長 λ での輝度を $T_{wlc,i}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ とする。ここで、 θ_{xz} は直線 $Q_i P_j$ をx-z面へ投影したときのz軸とのなす角度、 θ_{yz} は直線 $Q_i P_j$ をy-z面へ投影したときのz軸とのなす角度である。

仮想集光点 Q_i の初期位相を $\phi_{wlc,i}$ 、 r_{ij} を Q_i と P_j の距離とすると、 $P_j(x_2, y_2, z_2)$ に入射する物体波の複素振幅値 $O_{wlc}(x_2, y_2, z_2)$ は、前記式(1)の代わりに、

$$\begin{aligned}
 O_{WLc} (x_2, y_2, z_2) = & \sum_{i=1} \{ T_{WLc1} (\theta_{xz}, \theta_{yz}) / |r_{1j}| \} \\
 & \times \exp [j \{ - (2\pi / \lambda_c) |r_{1j}| + \phi_{WLc1} \}] \\
 & \dots (1')
 \end{aligned}$$

となる。ここで、Nは Q_1 の個数。

ここで、仮想集光点 $Q_1 (x_1, y_1, z_1)$ から観察者側に放射する放射輝度 $T_{WLc1} (\theta_{xz}, \theta_{yz})$ を θ_{xz}, θ_{yz} に関して角度分割して、それぞれの分割角度内では別々の画像の内、それぞれの分割角度に対応した画像のその仮想集光点 $Q_1 (x_1, y_1, z_1)$ の位置での画素の濃度を割り当てる。例えば、 θ_{xz} を $-\pi/2 \sim \pi/2$ の角度範囲で $\theta_{xz0} \sim \theta_{xz1} \sim \theta_{xz2} \sim \dots \sim \theta_{xzm}$ 、 θ_{yz} を $-\pi/2 \sim \pi/2$ の角度範囲で $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1} \sim \theta_{yz2} \sim \dots \sim \theta_{yzn}$ に例えば等角度間隔に角度分割し、 $\theta_{xz0} \sim \theta_{xz1}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲には画像 I_{11} の仮想集光点 Q_1 の位置での濃度 I_{111} を、 $\theta_{xz1} \sim \theta_{xz2}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲には画像 I_{21} の仮想点集光点 Q_1 の位置での濃度 I_{211} を、 \dots 、 $\theta_{xzm-1} \sim \theta_{xzm}$ 、 $\theta_{yzn-1} \sim \theta_{yzn}$ の範囲には画像 I_{mn} の仮想集光点 Q_1 の位置での濃度 I_{mn1} をそれぞれの分割角度内の輝度として割り当てる。

すなわち、分かりやすく言えば、図4において、仮想集光点 $Q_1 (x_1, y_1, z_1)$ に一旦収束して視差1方向に出る物体波1には、第1の画像 I_1 例えば文字“A”の画素位置 i での濃度を振幅として持った波とし、視差2方向に出る物体波1には、第2の画像 I_2 例えば文字“B”の画素位置 i での濃度を振幅として持った波とし、同様に、視差8方向に出る物体波1には、第8の画像 I_8 例えば文字“H”の画素位置 i での濃度を振幅として持った波とし、これらの“A”、“B”、 \dots 、“H”の画素位置 i での濃度を視差方向に応じて同時に持った物体波1を合成する。その物体波1が式(1')で表される。

ここで、CGH12に入射する平行光からなる参照光2の入射ベクトルを (R_x, R_y, R_z) 、その波長 λ_c の振幅を R_{WLc0} 、その座標原点での位相を ϕ_{RWLc} とすると、参照光2の複素振幅値 $R_{WLc} (x_2, y_2, z_2)$ は、図1の場合と同様に、

$$\begin{aligned}
 R_{WLc}(x_2, y_2, z_2) = & R_{WLc0} \cdot \exp [j \{ (2\pi/\lambda_c) \\
 & \times (R_x x_2 + R_y y_2 + R_z z_2) / (R_x^2 + R_y^2 + R_z^2)^{1/2} \\
 & + \phi_{RWLc} \}] \\
 & \dots (2)
 \end{aligned}$$

となる。

$P_j(x_2, y_2, z_2)$ での物体波1と参照光2とによる干渉縞の強度値 $I_{WLc}(x_2, y_2, z_2)$ は、同様に、

$$\begin{aligned}
 I_{WLc}(x_2, y_2, z_2) \\
 = | O_{WLc}(x_2, y_2, z_2) + R_{WLc}(x_2, y_2, z_2) |^2 \\
 \dots (3)
 \end{aligned}$$

となる。

以上において、 Q_i と P_j の距離 r_{ij} は、

$$\begin{aligned}
 r_{ij} = \{ (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 \}^{1/2} \\
 \dots (4)
 \end{aligned}$$

直線 $Q_i P_j$ を $x-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度 θ_{xz} は、

$$\theta_{xz} = \tan^{-1} \{ (x_2 - x_1) / (z_2 - z_1) \} \dots (5)$$

直線 $Q_i P_j$ を $y-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度 θ_{yz} は、

$$\theta_{yz} = \tan^{-1} \{ (y_2 - y_1) / (z_2 - z_1) \} \dots (6)$$

であり、また、仮想集光点 Q_i での位相 ϕ_{WLci} は仮想集光点 Q_i 間で相互に無関係に一定に設定される。

以上の説明から明らかなように、CGH12として同一面に記録再生可能にする複数の画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} の面に多数の仮想集光点 $Q_i(x_1, y_1, z_1)$ を設定し、各仮想集光点 Q_i に入射する収束光の輝度角度分布 $T_{WLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ を放射角度方向に応じて角度分割し、異なる分割角度内では異なる画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} のその仮想集光点 Q_i 位置での濃度 I_{11i} 、 I_{21i} 、 \dots 、 I_{mni} に等しい輝度に設定し、かつ、仮想集光点 Q_i の初期位相 ϕ_{WLci} は仮想集光点 Q_i 間で相互に無関係に一定に設定して、このような仮想集光点 Q_i に入射する収束光の位相と振幅をホログラフィックに記録（参照光2と

の干渉記録)することにより、観察方向に応じて異なる画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} が再生可能な本発明のCGH12が得られる。

このようにして記録したCGH12に、図5に示すように、参照光2と同じ波長 λ 。の再生照明光15を参照光2と同じ入射角で入射させると、CGH12から回折される回折光16によって画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} が実像として仮想集光点群13の面に重なって再生される。ただし、各画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} に関する回折光16は、回折角度方向に応じて角度分割されており、仮想集光点群13の面の仮想集光点 $Q_1(x_1, y_1, z_1)$ の位置からは、 $\theta_{xz0} \sim \theta_{xz1}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲では画像 I_{11} を再生する回折光16が、 $\theta_{xz1} \sim \theta_{xz2}$ 、 $\theta_{yz0} \sim \theta_{yz1}$ の範囲では画像 I_{21} を再生する回折光16が、 \dots 、 $\theta_{xzm-1} \sim \theta_{xzm}$ 、 $\theta_{yzn-1} \sim \theta_{yzn}$ の範囲では画像 I_{mn} を再生する回折光16が回折される。

図5を参照にして分かりやすく言えば、仮想集光点 $Q_1(x_1, y_1, z_1)$ から視差1方向に出る回折光16によって、第1の画像 I_1 例えば文字“A”のその仮想集光点 $Q_1(x_1, y_1, z_1)$ 位置の画素の濃度を振幅として持った波となり、視差2方向に出る回折光16によって、第2の画像 I_2 例えば文字“B”のその仮想集光点 $Q_1(x_1, y_1, z_1)$ 位置の画素の濃度を振幅として持った波となり、同様に、視差8方向に出る物体波1には、第8の画像 I_8 例えば文字“H”のその仮想集光点 $Q_1(x_1, y_1, z_1)$ 位置の画素の濃度を振幅として持った波となり、観察者Mがそれぞれの視差方向を見ることにより仮想集光点群13の面での全ての画素の集合として、これらの画像“A”、“B”、 \dots 、“H”を視差方向に応じて選択的に観察することができる。また、観察者には視点を移動させることによりこれらの画像“A”、“B”、 \dots 、“H”が切り替わって見える。

次に、このようなCGH12をバイナリホログラムとして作成する方法を図6に基づいて説明する。ステップST1で、CGH化する複数の画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} の形状が定義される。次いで、ステップST2で、CGH12、仮想集光点群13、参照光2の空間配置と、仮想集光点群13のサンプリング点(

Q_i) と CGH 12 のサンプリング点 (P_j) が定義される。次いで、ステップ ST 3 で、各仮想集光点毎に輝度角度分布 $T_{wlc1}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ を、放射角度方向に応じて角度分割し、異なる分割角度内では異なる画像 I_{11} 、 I_{21} 、 \dots 、 I_{mn} のその仮想集光点 Q_i 位置での濃度 I_{11i} 、 I_{21i} 、 \dots 、 I_{mni} に等しい輝度として求める。そして、ステップ ST 4 で、式 (1') と (2) により、CGH 12 の面での物体光の複素振幅値 $O_{wlc}(x_2, y_2, z_2)$ と、参照光 2 の複素振幅値 $R_{wlc}(x_2, y_2, z_2)$ を計算する。その後、ステップ ST 5 で、式 (3) により、CGH 12 の面上に定義された各サンプル点において、物体光と参照光との干渉縞の強度が求められ、干渉縞データが得られる。次に、ステップ ST 6 で、得られた干渉縞データは量子化された後、ステップ ST 7 で、EB 描画用矩形データに変換され、ステップ ST 8 で、EB 描画装置により媒体に記録され、CGH 12 が得られる。

なお、図 4 の場合は、仮想集光点 Q_i へ入射する物体波が x 方向、 y 方向の CGH 12 の全てのセル P_j に入射するようになっているが、 y 軸に垂直な多数のスライス面で仮想集光点群 13 と CGH 12 を区切り、そのスライス面内に物体波の入射範囲を制限するようによい。

また、図 4 では仮想集光点として 2 次元面内の集光点を用いているが、 y 方向に延び y 方向には光の広がらない集光線を用いるようによい。

さらに、図 4 の場合は、物体光 1 の複素振幅値 $O_{wlc}(x_2, y_2, z_2)$ をホログラムとして固定するのに、参照光 2 との干渉による方式を用いているが、物体波の複素振幅を直接再生する Lohmann の方法や Lee の方法 (非特許文献 1) によってもよく、また、本発明者が特許文献 2 で提案した方法によってもよい。

また、図 4 の説明では、各仮想集光点 Q_i へ収束する収束光の輝度角度分布 $T_{wlc1}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ に対応させる画像の値としては、仮想集光点 Q_i の位置での画素の濃度としたが、これに限らず、その画素の濃度と一定の関係にある値、例えば、濃度を X として、 \sqrt{X} 、 $X^{1/a}$ (a : 定数) 等を用いてもよい。

以上の本発明による CGH 12 に記録する複数の画像としては、立体物の観察

方向を変化させることにより得られる視差画像であっても、観察方向が変わると全く別の絵になる変わり絵であっても、あるいは、視線の変化によって変化する一連のアニメーション画像であってもよい。

また、仮想点光源から出る発散光、あるいは、仮想集光点に収束する収束光は、CGH12の面において、隣接する仮想点光源から出る発散光、あるいは、隣接する仮想集光点に収束する収束光と重畳するように記録してもよいし、重畳しないで別々になるように記録してもよい。前者の場合、言い換えると、仮想点光源又は仮想集光点の配置間隔が1つの点光源又は集光点からの物体波がCGH面に広がる幅より狭い場合には、記録できる画像の枚数がより多くなり、解像度もより高くなるが、干渉縞が重なる分ノイズが多少多くなる。また、輝度 A_{WLci} (θ_{xz}, θ_{yz})、輝度 T_{WLci} (θ_{xz}, θ_{yz}) のx方向、y方向の角度分割に関しては、等角度分割でも、CGH12の面上で等間隔になる角度分割でも、また、その他の分割でもよい。また、CGH面で重畳するように記録する場合には、初期位相 ϕ_{WLci} を前記のように相互に無関係に一定に設定すると、再生像のムラが減り、品質が向上する。CGH面で重畳しない場合には、初期位相 ϕ_{WLci} は相互に関係するように一定に設定してもよい。

また、画像をCGH面から離す距離は1mm以内とすると、鮮明な像が観察できるようになりより好ましい。

なお、本発明の計算機合成ホログラムにおいて、ホログラム面内に図1のホログラムと図4のホログラムが並列して存在するように構成してもよい。

以上、本発明の計算機合成ホログラムをその原理に基づいて説明してきたが、本発明はこれらの形態に限定されず種々の変形が可能である。

産業上の利用可能性

以上の説明から明らかなように、本発明の計算機合成ホログラムによると、異なる複数の画像を再生する面であって、ホログラム面から離れた面に、放射方向に応じて異なった画像のその方向の輝度を持った仮想点光源あるいは集光方向に応じて異なった画像のその方向の輝度に等しい輝度を持った仮想集光点を多数定

義し、それらの仮想点光源から放射する光あるいはそれらの仮想集光点に集光する光を仮想的な物体光として計算機合成ホログラムを作成するようにしたので、高解像度で多数の画像を記録再生できるホログラム撮影の不要な計算機合成ホログラムが得られる。本発明により、例えば、解像度が高く視差数の多い計算機合成ホログラフィックステレオグラムが可能になる。

請 求 の 範 囲

1. 物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

ホログラムの観察側と反対側に空間的に仮想点光源群が設定され、前記仮想点光源群の各々の仮想点光源から観察側へ発散する発散光の輝度角度分布 A_{wLi} (θ_{xz} , θ_{yz}) が角度分割されて、それぞれの分割角度内では前記仮想点光源群の面に位置する別々の画像の内、前記それぞれの分割角度に対応した画像のその仮想点光源位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点から発散する発散光に等しいものに設定されてなる発散光が物体光として前記仮想点光源群の観察側の何れかの位置で記録されてなることを特徴とする計算機合成ホログラム。

2. 前記仮想点光源群の仮想点光源各々が光の広がる方向が1次元的な点光源であってその広がる方向と直交する方向に伸びる直線状光源からなることを特徴とする請求項1記載の計算機合成ホログラム。

3. 物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

所定の再生照明光を入射させたとき、ホログラムの観察側と反対側の空間的な仮想点群の各々の点からその観察側に発散するような回折光であって、各仮想点からホログラムの観察側に発散するように進む光の輝度角度分布が回折角度方向に応じて角度分割されており、それぞれの分割角度内では前記仮想点群の面に位置する別々の記録画像の内、前記それぞれの分割角度に対応した記録画像のその仮想点位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点から発散する発散光に等しい回折光を再生することを特徴とする計算機合成ホログラム。

4. 前記仮想点群の仮想点各々が光の広がる方向が1次元的な点であってその広がる方向と直交する方向に伸びる直線からなることを特徴とする請求項3

記載の計算機合成ホログラム。

5. 物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

ホログラムの観察側に空間的に仮想集光点群が設定され、前記仮想集光点群の各々の仮想集光点に観察側と反対側から入射する収束光の輝度角度分布 $T_{wlc,i}$ (θ_{xz}, θ_{yz}) が角度分割されて、それぞれの分割角度内では前記仮想集光点群の面に位置する別々の画像の内、前記それぞれの分割角度に対応した画像のその仮想集光点位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点に収束する収束光に等しいものに設定されてなる収束光が物体光として前記仮想集光点群の観察側と反対側の何れかの位置で記録されてなることを特徴とする計算機合成ホログラム。

6. 前記仮想集光点群の仮想集光点各々が光の広がる方向が1次元的な集光点であってその広がる方向と直交する方向に伸びる直線状集光線からなることを特徴とする請求項5記載の計算機合成ホログラム。

7. 物体光の複素振幅が記録され観察方向に応じて複数の画像が選択的に再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

所定の再生照明光を入射させたとき、ホログラムの観察側の空間的な仮想点群の各々の点を通してその観察側で発散するような回折光であって、各仮想点へ収束するように進む光の輝度角度分布が回折角度方向に応じて角度分割されており、それぞれの分割角度内では前記仮想点群の面に位置する別々の記録画像の内、前記それぞれの分割角度に対応した記録画像のその仮想点位置での画素の濃度あるいはその濃度と一定の関係にある値に等しい振幅の点へ収束する収束光に等しい回折光を再生することを特徴とする計算機合成ホログラム。

8. 前記仮想点群の仮想点各々が光の広がる方向が1次元的な点であってその広がる方向と直交する方向に伸びる直線からなることを特徴とする請求項7記載の計算機合成ホログラム。

FIG. 1

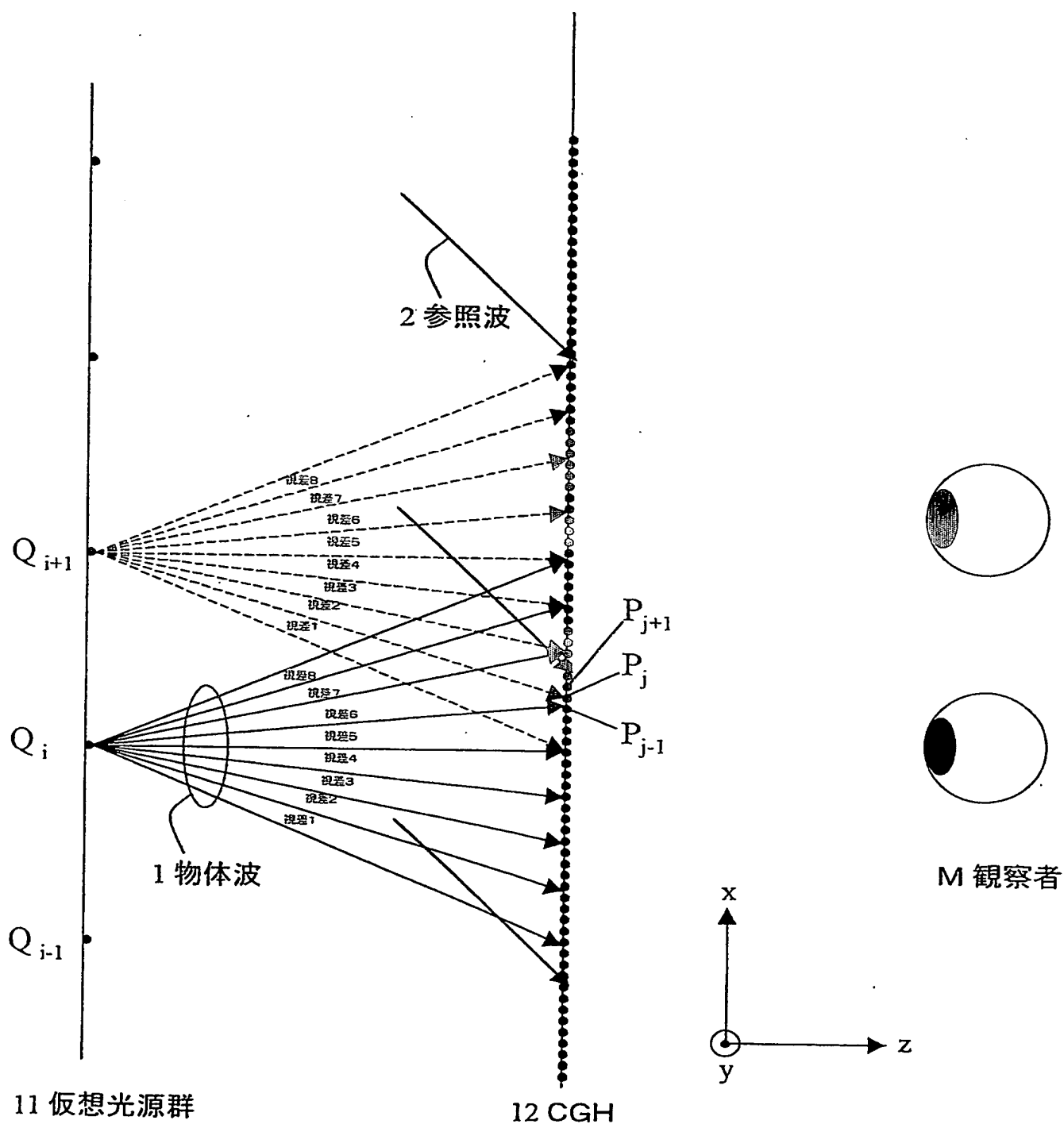


FIG. 2

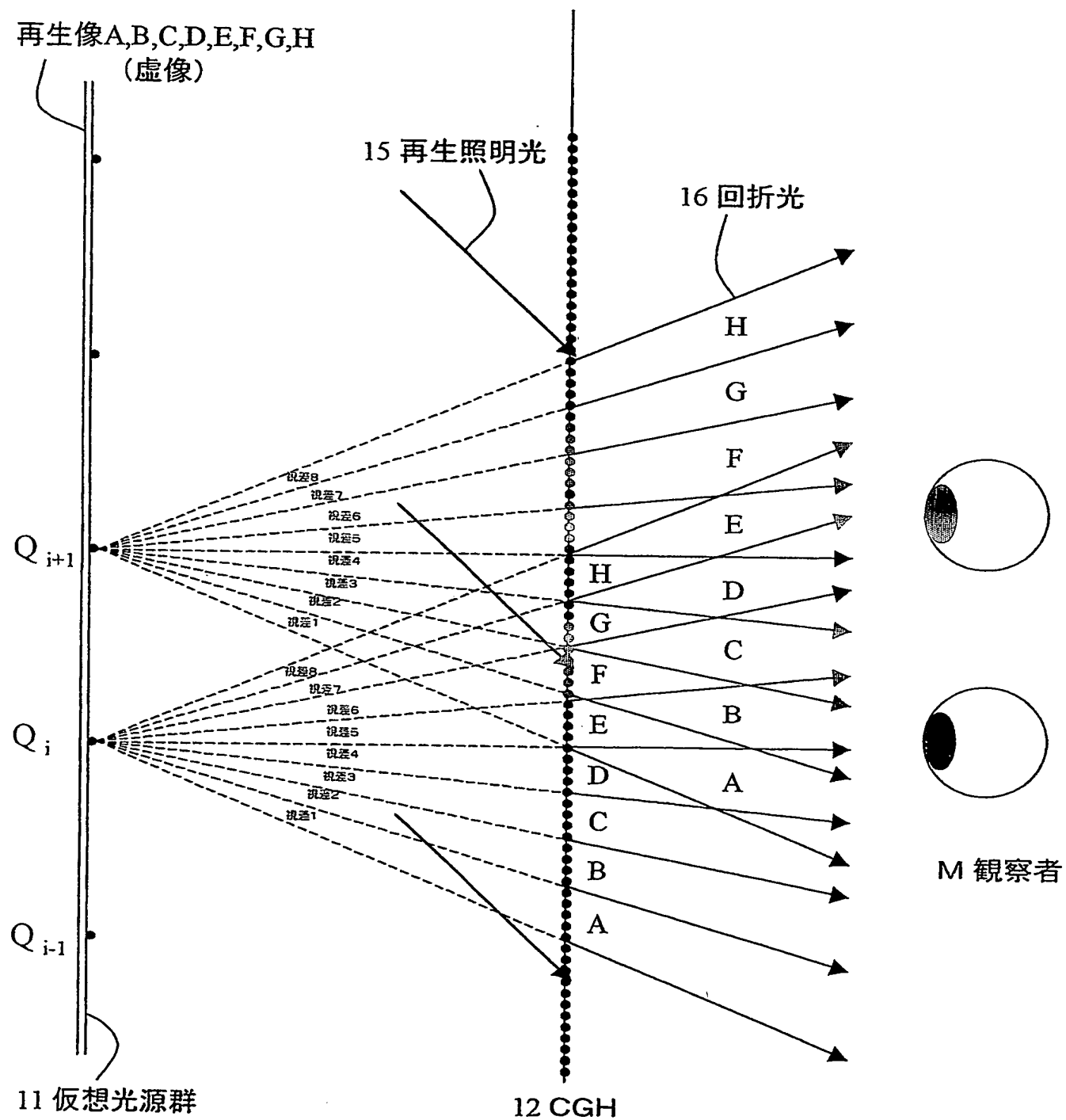


FIG. 3

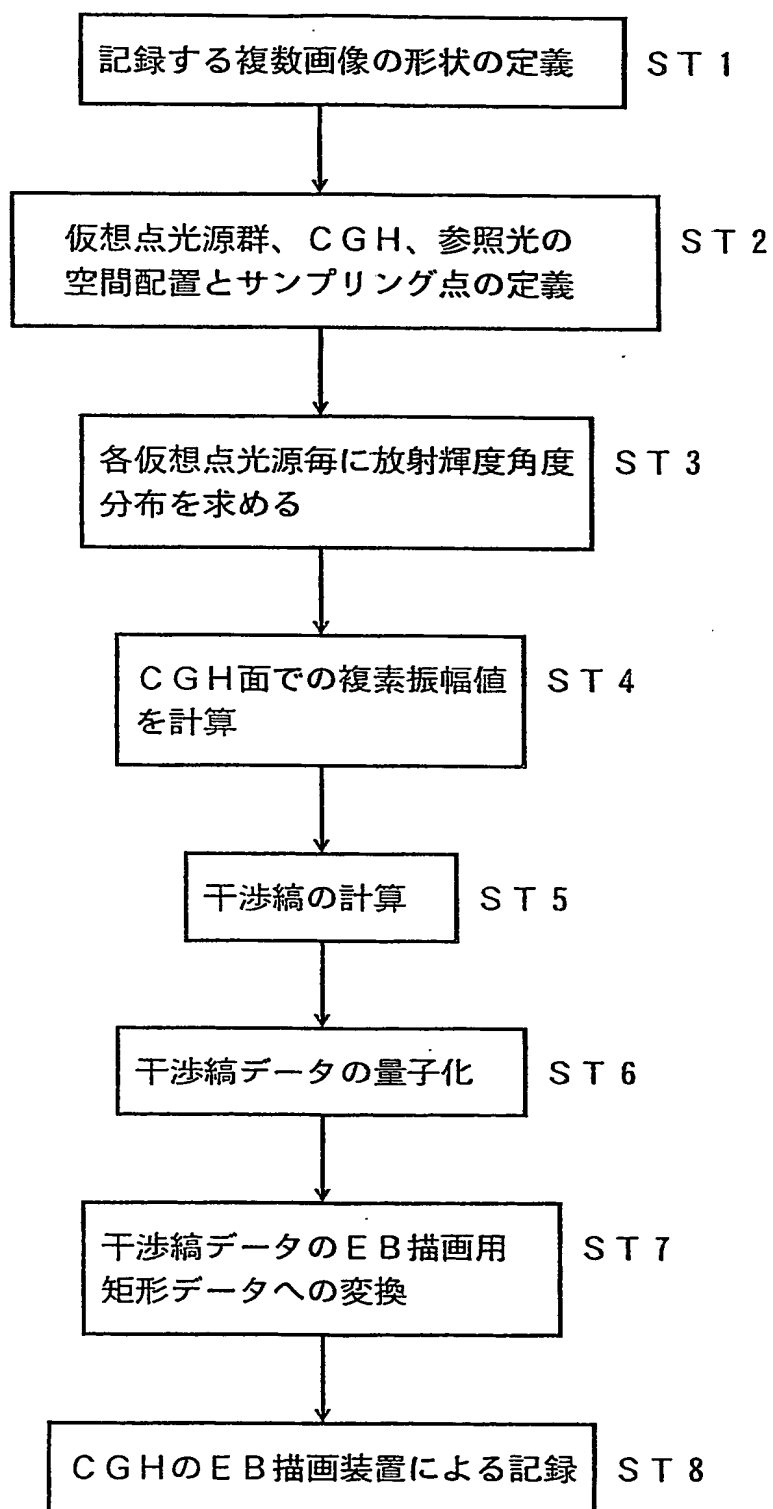


FIG. 4

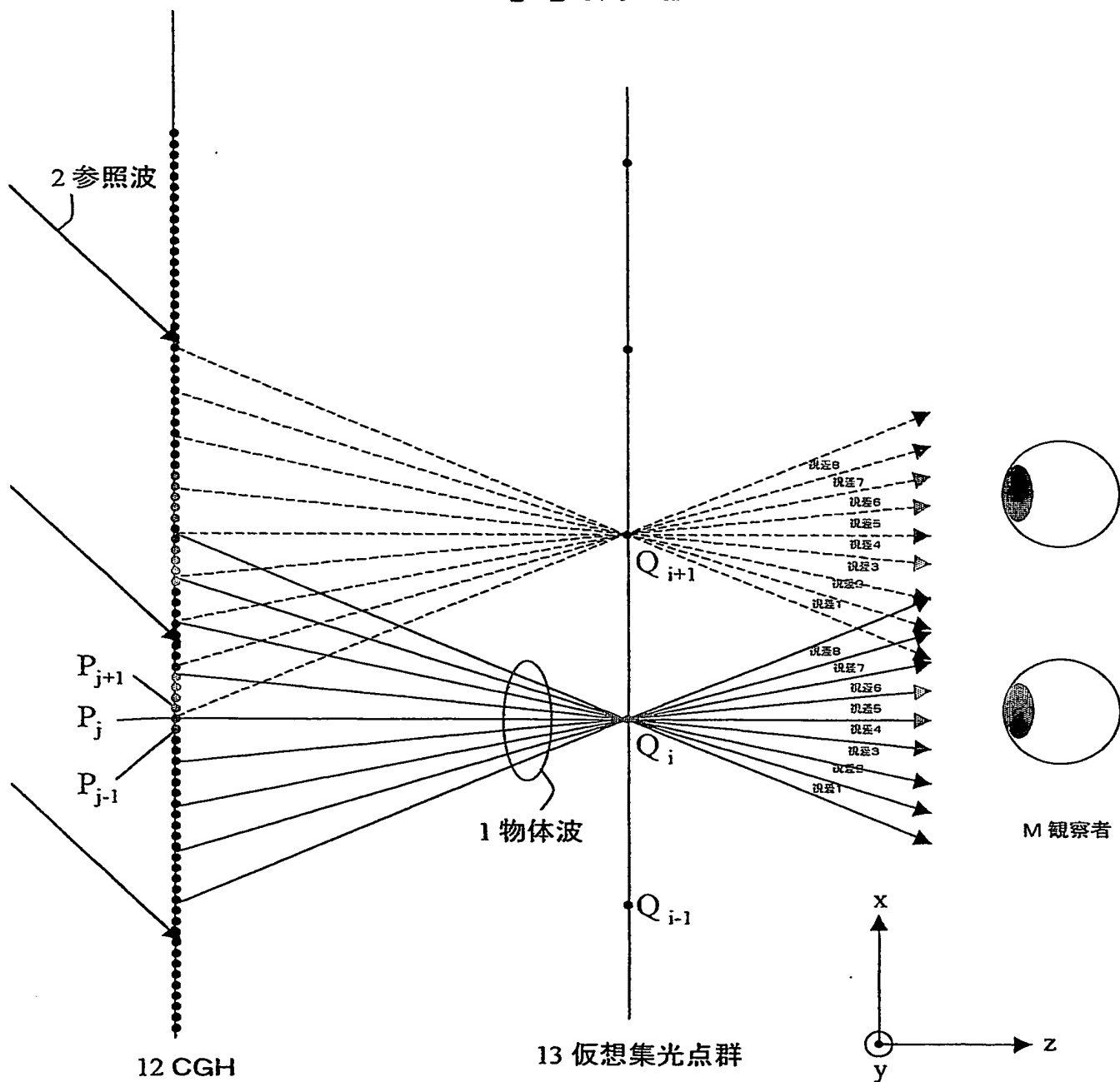


FIG. 5

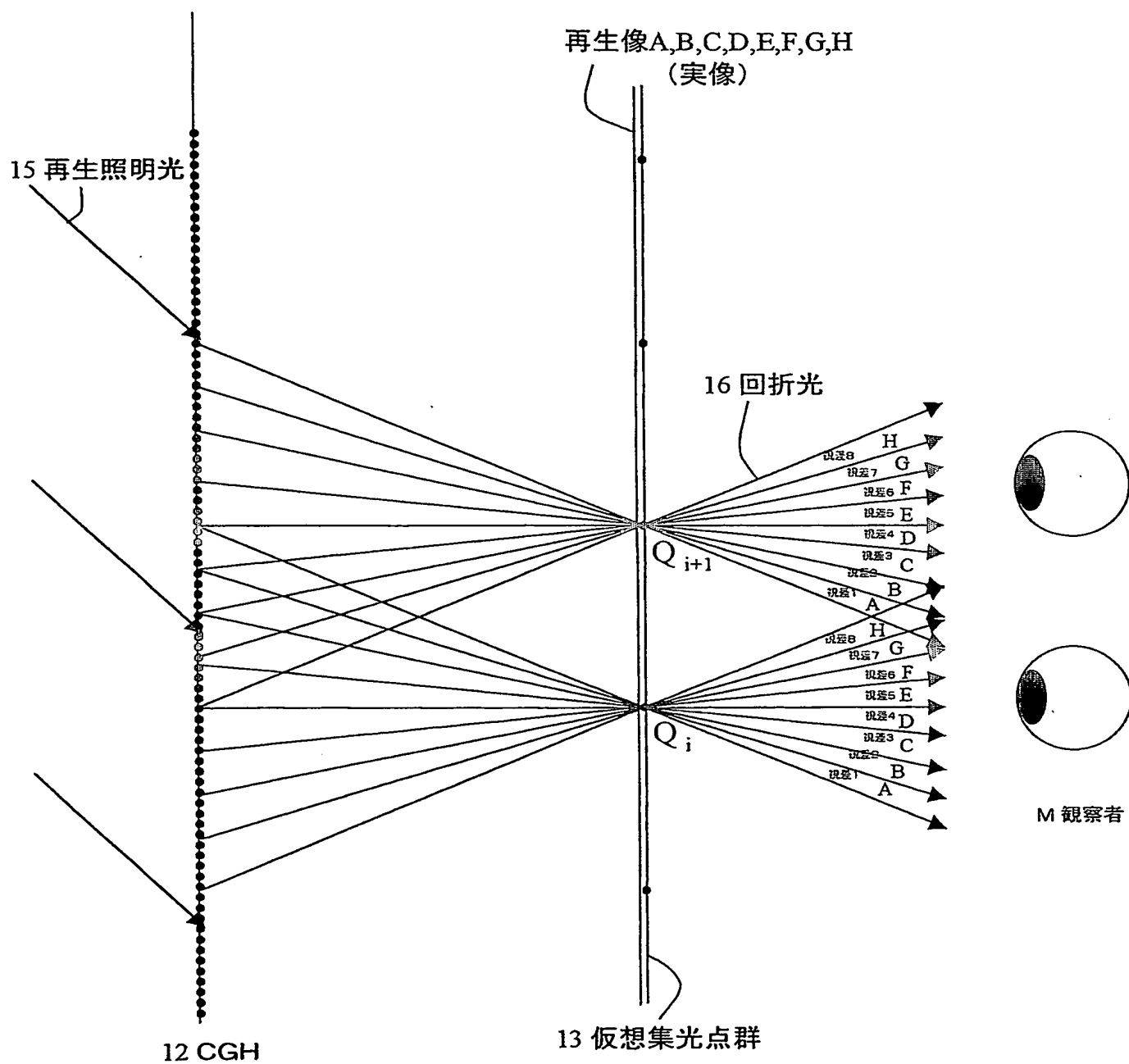
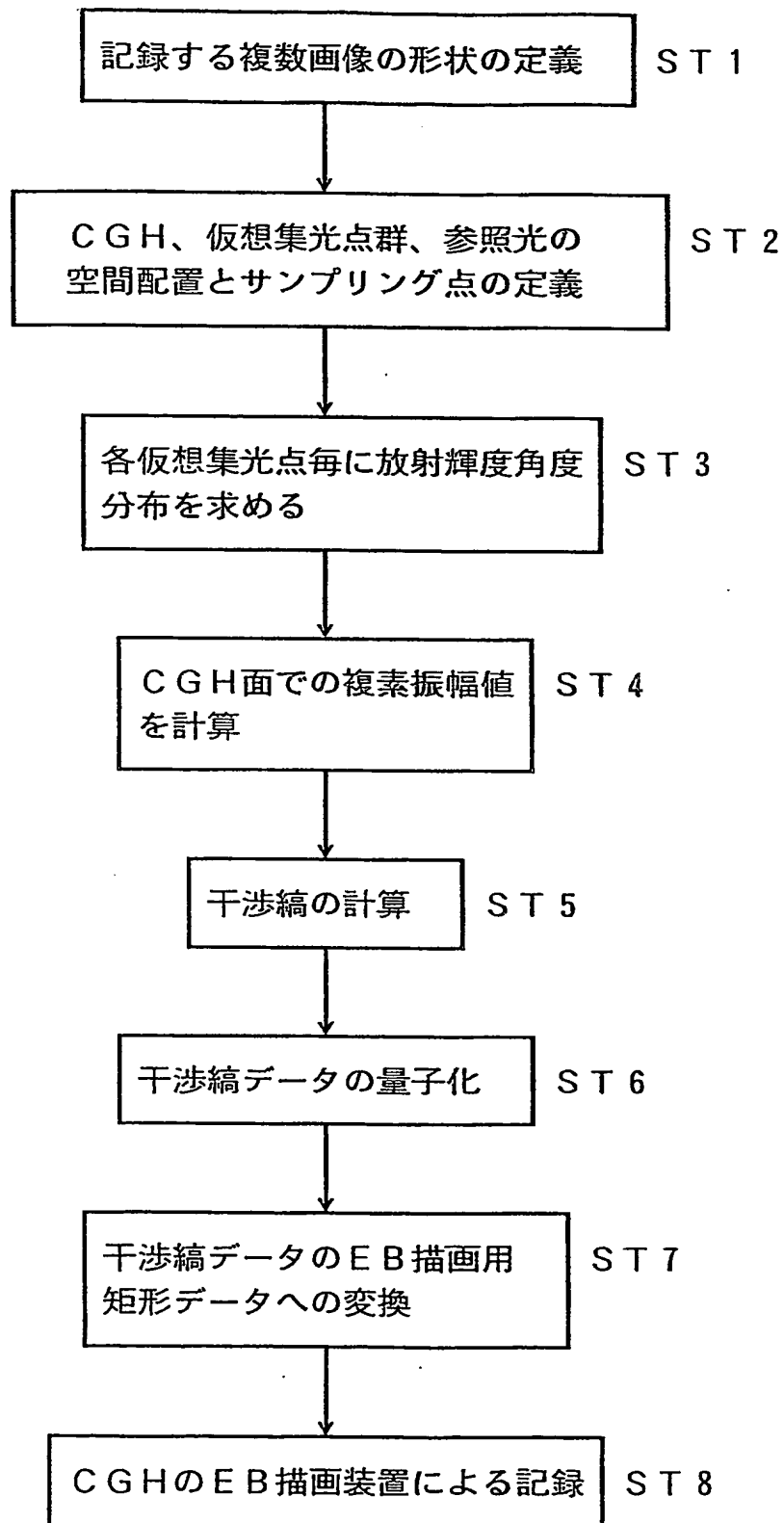


FIG. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004830

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G03H1/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G03H1/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-134112 A (Victor Company Of Japan, Ltd.), 20 May, 1997 (20.05.97), Full text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2001-13858 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 19 January, 2001 (19.01.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 July, 2004 (05.07.04)

Date of mailing of the international search report
20 July, 2004 (20.07.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G03H1/08

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G03H1/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 9-134112 A (日本ビクター株式会社) 1997. 05. 20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2001-13858 A (大日本印刷株式会社) 200 1. 01. 19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05. 07. 2004

国際調査報告の発送日

20. 7. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山村 浩

2V

9219

電話番号 03-3581-1101 内線 3271